



大兴安岭得尔布干成矿带金矿床类型及成矿规律

付立春^{1,2}, 陈桂虎^{1,2}, 王大丰^{1,2}, 王海英³

1. 中国地质调查局 哈尔滨自然资源综合调查中心, 黑龙江 哈尔滨 150081;
2. 自然资源部哈尔滨黑土地地球关键带野外科学观测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150086;
3. 北票市自然资源局, 辽宁 北票 122100

摘 要: 得尔布干成矿带位于蒙古-兴安造山带的东段, 处于额尔齐斯-佐伦-黑河缝合带与蒙古-鄂霍次克缝合带之间。得尔布干地区受燕山期构造活动影响, 岩浆侵入活动强烈, 并伴有强烈的金成矿作用。通过对砂宝斯、下吉宝沟、小伊诺盖沟金矿床等典型矿床研究, 分析金矿床成矿地质特征及其产出的构造背景, 划分出以砂岩为容矿岩石的中低温热液蚀变岩型、以火山岩为容矿岩石的浅成低温热液型、与中深成侵入杂岩有关的岩浆热液蚀变岩型、产于韧性剪切带中的构造-热液蚀变岩型等 4 种矿床类型。不同类型金矿床的成矿时间主要集中于燕山期晚侏罗世—早白垩世。根据 H-O-Pb 同位素研究结果, 成矿热液主要为岩浆水和大气降水的混合水, 成矿物质来自幔源岩浆, 并混染了少量的地壳物质。不同类型金矿床具有一定的内在成因联系, 属于同一岩浆源区不同阶段岩浆演化的产物。区域内有色、贵金属内生矿床的成矿在空间展布上具有“北东成带、北西呈行”的特点。

关键词: 金矿床; 成矿规律; 成矿特征; 得尔布干成矿带; 大兴安岭

TYPES AND METALLOGENIC REGULARITY OF GOLD DEPOSITS IN DERBUGAN METALLOGENIC BELT, DAXINGANLING MOUNTAINS

FU Li-chun^{1,2}, Chen Gui-hu^{1,2}, WANG Da-feng^{1,2}, WANG Hai-ying³

1. Harbin Natural Resources Comprehensive Survey Center, CGS, Harbin 150081, China;
2. Observation and Research Station of Earth Critical Zone in Black Soil, Ministry of Natural Resources, Harbin 150086, China;
3. Beipiao Bureau of Natural Resources, Beipiao 122100, Liaoning Province, China

Abstract: The Derbugan metallogenic belt is located in the eastern Mongolia-Xing'an orogenic belt, between the Ertix-Zuolun-Heihe suture zone and Mongolia-Okhotsk suture zone. Affected by Yanshanian movement, magmatic intrusion is heavy in the area, accompanied by intense gold mineralization in Derbugan area. Through the study of Shabaosi, Xiajibaogou and Xiaoyinuogai gold deposits, the paper analyzes the metallogenic characteristics and tectonic background of the gold deposits. The deposits can be classified into four types, including epi-mesothermal altered rock type hosted by sandstone, epithermal type hosted by volcanic rock, magmatic hydrothermal altered rock type related to deep intrusive complex, and tectonic-hydrothermal altered rock type occurred in ductile shear zone. The mineralization time of different types of gold deposits is concentrated mainly in Late Jurassic-Early Cretaceous of Yanshanian. According to the H-O-Pb isotope results, the ore-forming hydrothermal fluid is mainly the mixtures of magmatic water and atmospheric precipitation, with the metallogenic material from mantle-derived magma, mixed with minor crustal material. Different types of gold deposits have certain internal genetic relations and belong to the product of magmatic

收稿日期: 2024-03-06; 修回日期: 2024-03-28. 编辑: 李兰英.

基金项目: 中国地质调查局项目“内蒙古得尔布干-莫尔道嘎一带金矿调查评价”(DD20242939).

作者简介: 付立春(1981—), 男, 硕士, 正高级工程师, 从事地质矿产勘查研究工作, 通信地址 黑龙江省哈尔滨市南岗区保健副路 1 号, E-mail//1197603651@qq.com

evolution at various stages in the same magmatic source region. The metallogenesis of the endogenetic deposits of nonferrous and precious metals in the region is characteristically distributed at the intersections of a series of parallel NE-trending structural belts and NW-trending secondary structures.

Key words: gold deposit; metallogenic regularity; metallogenic characteristics; Derbugan metallogenic belt; Daxinganling Mountains

0 引言

得尔布干成矿带是指沿得尔布干深断裂带两侧至西北中、俄、蒙边界的区域,地处中-俄-蒙交界地区,行政区划隶属内蒙古自治区呼伦贝尔市和黑龙江省大兴安岭地区,总面积约 $12.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该成矿带为我国东部矿产资源战略性找矿的重要区带,目前已在该成矿带内发现了众多大中型 Au、Ag、Cu、Mo、Pb、Zn 等矿床(图 1),其中成矿带内产出的典型金矿床有砂宝斯金矿、小伊诺盖沟金矿、下吉宝沟金矿等。

近些年,有学者对得尔布干成矿带内贵金属及有色金属矿床的成矿地质特征、控矿因素、矿床成因等方面进行了系统的论述^[1-5],这为在本成矿带内开展找矿工作奠定了一定的基础。但目前对于该成矿带内金矿床的成因类型、成矿规律等方面的研究相对薄弱。为此,本文在前人研究成果的基础上对得尔布干成矿带内金矿床的成因类型、成矿规律进行归纳和总结,并探讨不同类型金矿床的内在成因联系。在此基础上,探讨该区域成矿特征及金矿成矿系列。

目前,在得尔布干成矿带的西南段乌努格吐山-甲乌拉铜多金属矿资源基地内已发现乌努格吐 Cu-Mo 和甲乌拉 Pb-Zn-Ag 等矿床^[6],但在该基地内有关金矿床的报道甚少。为此,通过本文的研究,作者期待能为今后在该区域内开展新一轮找矿突破战略行动提供参考和借鉴。

1 成矿地质背景

大兴安岭得尔布干成矿带位于蒙古-兴安造山带的东段,处于额尔齐斯-佐伦-黑河缝合带与蒙古-鄂霍次克缝合带之间。区域内出露的地层有古元古界兴华渡口群和青白口系佳疙瘩组,新元古界浅变质岩系,古生界盖层奥陶系、志留系、泥盆系及石炭系碎屑岩、碳酸盐岩,中生界侏罗系、白垩系火山-火山碎屑岩系及煤沉积建造。其中,古元古界兴华渡口群和青白口

系佳疙瘩组为海相古火山喷发沉积建造,地层中 Au、Ag、Pb、Zn 等成矿元素的丰度较高。区域内构造以断裂构造为主,总体呈北东向和近东西向展布,两组断裂多为蒙古-鄂霍次克造山带及得尔布干断裂的次级断裂构造^[7]。区内岩浆岩分布较为广泛,且种类繁多。其中火山-次火山岩浆活动主要集中于晚三叠世-中晚侏罗世-早白垩世,多呈带状沿北北东向大兴安岭主脊展布。岩浆侵入活动则集中于印支期、燕山晚期,其中燕山晚期岩浆侵入活动与金成矿关系较为密切,不仅为金矿的形成提供了热动力条件,而且也提供了部分物源^[8]。印支期岩浆侵入活动形成的岩石类型以花岗岩类为主,主要有花岗闪长岩、正长花岗岩、二长花岗岩,属造山环境下 S 型花岗岩。岩体呈岩株或岩基产出,主要分布于额尔古纳隆起区内,并沿北北东向大兴安岭主脊断裂展布。燕山晚期中-酸性岩浆侵入活动形成的岩石类型有闪长岩、闪长玢岩、二长岩、花岗斑岩、正长斑岩、石英斑岩等,上述岩石属造山期后岩浆活动的产物,多呈岩株或岩枝状零星分布于上黑龙江拗陷区内(图 1)。

2 典型矿床地质特征

得尔布干地区矿产资源丰富,伴随中生代岩浆侵入和火山活动,形成了众多银、铅、锌、金、铜、钼、铁、锰、硫铁矿、萤石、明矾石、沸石、珍珠岩、玛瑙等内生矿产。在北东向火山断陷盆地内形成了煤、芒硝、盐等矿产。毗邻的俄罗斯、蒙古有众多的大型-超大型 Au、Pb、Zn、铀矿和萤石矿。据统计,得尔布干成矿带内有色、贵金属矿床(点)总数达 142 个,大、中、小型矿床有 65 个,表明该成矿带内矿产资源潜力较大。

成矿带内产出的金矿床主要分布在上黑龙江盆地、额尔古纳隆起区和中生代火山盆地地区。上黑龙江盆地内以中生代砂岩为容矿岩石的热液蚀变岩型金矿床与额尔木河群砂岩关系密切^[10],热液来自中生代浅

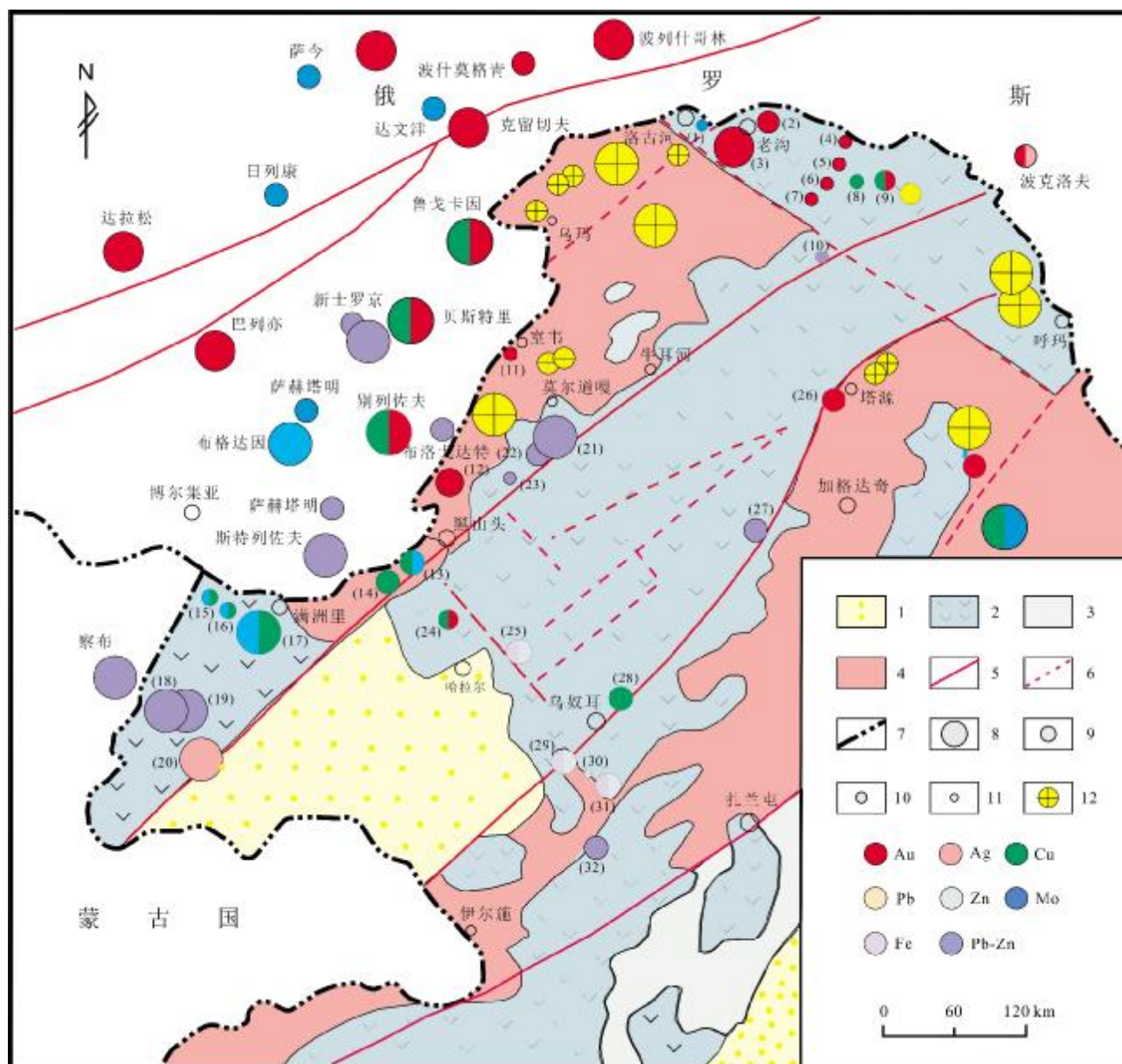


图1 得尔布干成矿带区域地质简图

(据文献[9])

Fig. 1 Regional geological map of Derbugan metallogenic belt

(From Reference [9])

1—新生代拗陷(Cenozoic depression); 2—中生代断、拗陷(Mesozoic fault depression); 3—古生代增生带(Paleozoic accretion zone); 4—前寒武纪地体(Precambrian terrane); 5—深大断裂(deep fault); 6—一般断裂(general fault); 7—国境线(borderline); 8—大型矿床(large deposit); 9—中型矿床(medium deposit); 10—小型矿床 (small deposit); 11—矿点 (ore occurrence); 12—砂金矿 (gold placer); 典型矿床 (点)(typical mineral deposit/occurrence): (1)洛古河(W, Sn, Mo); (2)老沟(Au); (3)砂宝斯(Au); (4)二根河(Au); (5)页索库(Au); (6)马达尔(Au); (7)奥拉齐(Au); (8)丘里巴赤(Cu); (9)二十一站(Cu, Au); (10)西吉诺山(Pb, Zn, Cu); (11)下吉宝沟(Au); (12)小伊诺盖沟(Au); (13)八大关(Cu, Mo); (14)八八一(Cu); (15)龙岭(Cu, Zn, Sn); (16)长岭(Cu, Mo); (17)乌努格吐山(Cu, Mo); (18)甲乌拉(Pb, Zn, Ag); (19)查干布拉根(Pb, Zn, Ag); (20)额仁陶勒盖(Ag); (21)得耳布尔(Pb, Zn); (22)二道河子(Pb, Zn); (23)下护林(Pb, Zn); (24)四五牧场(Au, Cu); (25)谢尔塔拉(Fe, Zn); (26)塔源(Au, Ag, Cu); (27)环宇(Pb, Zn); (28)煤窑沟(Cu); (29)梨子山(Fe, Zn); (30)中道山(Fe, Zn); (31)塔尔其(Fe, Zn); (32)柴河源(Pb, Zn)

产于黄铁矿化、硅化热液角砾岩带内, 其中 I 号金矿体地表出露宽 1.4 m, 控制长度 40 m, 品位 2.39×10^{-6} 。金矿化类型为浸染状黄铁矿化热液角砾岩型。围岩蚀变普遍, 主要有硅化、黄铁矿化、绢云母化、明矾石化、高岭土化、蒙脱石化、碳酸盐化。矿床成因类型属以火山岩为容矿岩石的浅成低温热液型。

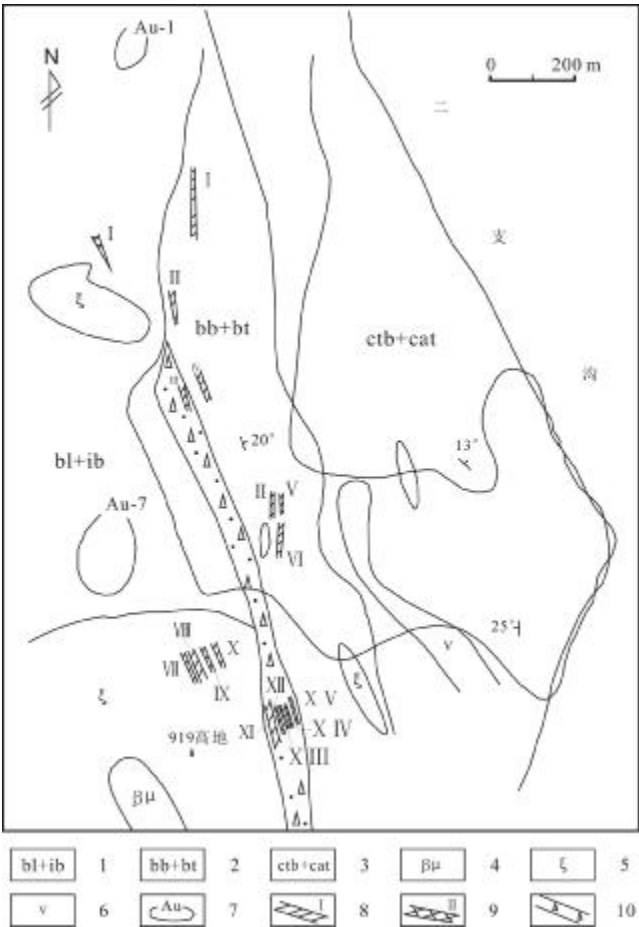


图 4 奥拉齐金矿点地质简图

Fig. 4 Geological map of Aolaqi gold occurrence

1—角砾熔岩、火山角砾岩(breccia lava and volcanic breccia); 2—流纹质火山角砾岩、凝灰角砾岩(rhyolitic volcanic breccias and tuff breccia); 3—角砾岩、凝灰角砾岩(breccias and tuff breccia); 4—辉绿岩(diabase); 5—玄武岩(basalt); 6—流纹英安质潜火山岩(rhyodacitic cryptovolcanic rock); 7—石英辉长岩(quartz gabbro); 8—闪长玢岩(diorite porphyrite); 9—金异常及编号(Au anomaly and number); 10—金矿化体及编号(gold mineralized body and number); 11—金矿体及编号(gold orebody and number); 12—角砾岩带(breccia belt)

2.3 下吉宝沟金矿床

下吉宝沟金矿床位于哈乌尔断裂与额尔古纳河断裂之间的额尔古纳隆起区, 北东向英吉干断裂与北西

向小西沟断裂交汇部位。

矿区及外围分布大面积的花岗岩岩基, 其次为多呈残留体产出的佳疙瘩群变质岩(图 5)。其中, 与金成矿有关的岩体主要为二长岩, 出露面积不足 1 km²。金矿(化)体主要产在二长岩体及其与似斑状二长花岗岩围岩的接触带附近的张性裂隙中, 金矿(化)体呈脉状产出。矿区内北西向张性断裂发育, 多被蚀变矿化的二长岩脉所充填, 为本区主要的容矿构造。金矿化类型为蚀变岩型。围岩蚀变主要是绢云母化、黄铁矿化、毒砂化、方铅矿化、叶蜡石化、碳酸岩化、硅化, 金矿化主要与黄铁矿化和毒砂化有关, 围岩经蚀变褪色成灰白色。

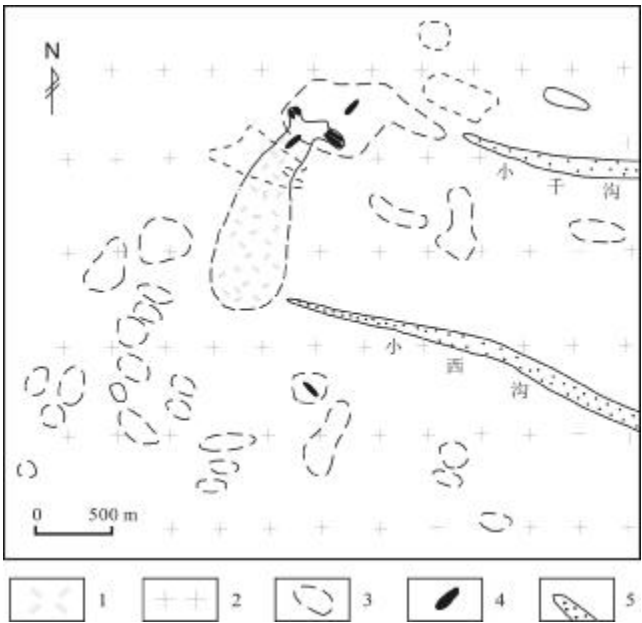


图 5 下吉宝沟金矿地质略图

(据文献[4])

Fig. 5 Geological map of Xiajibaogou gold deposit

(From Reference [4])

1—二长岩(monzonite); 2—花岗岩(granite); 3—金异常(Au anomaly); 4—金矿(化)体(gold ore/ mineralized body); 5—砂金分布区(placer gold distribution)

矿石矿物有黄铁矿、毒砂, 偶见方铅矿。脉石矿物有长石、绢云母、叶蜡石、方解石、石英等。矿床成因类型属与中深成侵入杂岩有关的岩浆热液蚀变岩型。

2.4 小伊诺盖沟金矿床

小伊诺盖沟金矿床位于额尔古纳隆起的南部, 北东向额尔古纳—呼伦断裂在矿区通过。中侏罗世末期,

该断裂在小伊诺盖沟-吉拉林一带表现为左行走滑韧性剪切断层,金矿即处于该韧性剪切带与近东西向小伊诺盖沟断裂的交汇部位。

矿区内出露的地层主要为额尔古纳河群,其岩性为白云质结晶灰岩、变质石英砂岩、变质长石石英砂岩、变质砂砾岩、板岩、千枚岩等。区内额尔古纳河群受到了不同程度的构造改造,在 683 高地以东 500 m、684 高地至其北部 400 m、598 高地东南 400 m、739.1 高地东南 1 km 等处均见有额尔古纳河群的糜棱岩。似斑状中粒花岗岩中的糜棱岩主要见于 739 高地北西 800 m 处,矿区西南部的花岗岩局部也见有糜棱岩化现象。由此可见,小伊诺盖沟花岗斑岩为就位于额尔古纳河韧性剪切带中的小岩株,形成以后又受到了额尔古纳河韧性剪切带的构造改造(图 6)。

矿区内金矿体和矿化脉主要分布于小伊诺盖沟花岗斑岩体内,少数分布在花岗斑岩与额尔古纳河群地层的接触部位。金矿体主要呈脉状产出,其产状主要有 3 组,即近南北、北西、北东向,倾角较陡(图 7),一般大于 70°。主矿体为近南北向,长约 100 m,最宽处约为 6 m。

金矿的矿石类型有两种,即硅化-绢云母化-黄铁矿化花岗斑岩型和含黄铁矿石英脉型,前者属于交代蚀变岩类型,后者属于热液岩类型。该矿床以交代蚀变岩类型矿石为主体,但这种矿石品位一般较低。矿石矿物有黄铁矿、方铅矿、磁铁矿,氧化带中见有自然金、褐铁矿、镜铁矿、铜蓝、孔雀石。脉石矿物有石英、长石、电气石、白云母、绢云母、萤石。围岩蚀变主要为花岗斑岩的绢云母化、硅化、黄铁矿化。矿床成因类型为产于韧性剪切带中的构造-热液蚀变岩型。

3 金矿床成因及成矿规律

3.1 金矿床成因类型

早侏罗世晚期至晚侏罗世早期,得尔布干地区受陆陆碰撞影响,导致该地区强烈的陆壳和岩石圈堆叠、缩短、增厚,并形成了漠河推覆构造及额尔古纳河韧性剪切带。在晚侏罗世早期至早白垩世早期,该地区经历了由挤压向伸展构造体系的转换,导致岩石圈熔融和大规模的流体产生,并伴随着左行韧性走滑剪切作用和岩浆侵入活动。在成矿流体发生对流过程中深部成矿流体与浅层的大气水混合,并在适宜的物理化学

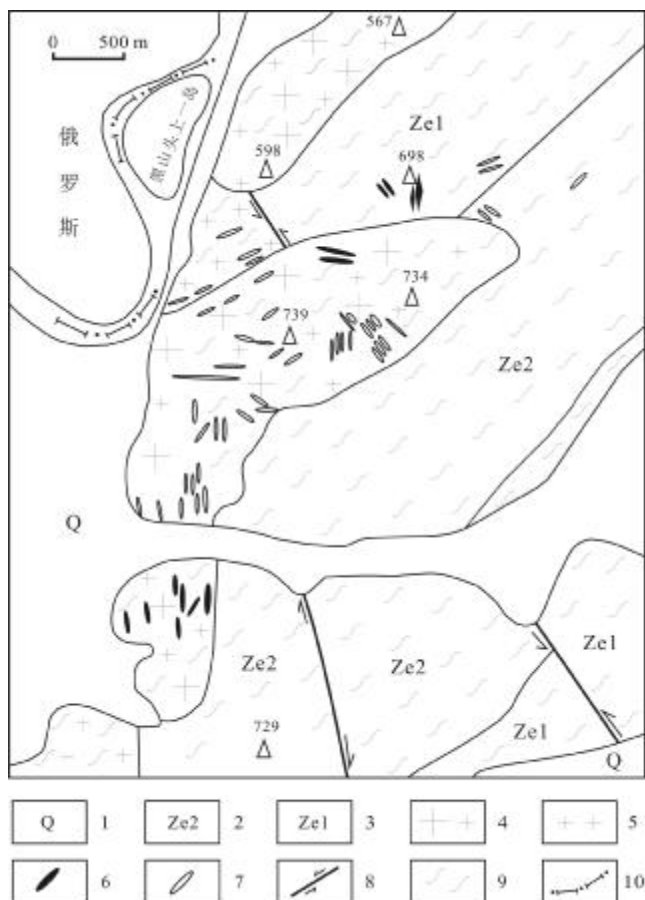


图 6 小伊诺伊盖沟金矿地质略图

(据文献[9-11])

Fig. 6 Geological map of Xiaoyinuoyigaigou gold deposit

(From References [9-11])

- 1—第四系 (Quaternary); 2—额尔古纳河组上段 (upper mem. of Ergunahé fm.); 3—额尔古纳河组下段 (lower mem. of Ergunahé fm.); 4—花岗斑岩 (granite porphyry); 5—花岗岩 (granite); 6—金矿体或矿化体和编号 (gold ore/mineralized body and number); 7—脉状热液石英岩 (veined hydrothermal quartzite); 8—断层 (fault); 9—叶理 (foliation); 10—国境线 (borderline)

环境下形成不同类型的金矿床。根据得尔布干成矿带内金矿床的地质特征及构造背景,将该成矿带内金矿床划分为以下 4 种类型: 1) 以砂岩为容矿岩石的中低温热液蚀变岩型,以砂宝斯、老沟等金矿床(点)为代表; 2) 以火山岩为容矿岩石的浅成低温热液型,以奥拉齐、马达尔、四五牧场、莫尔道嘎等金矿床(点)为代表; 3) 与中深成侵入杂岩有关的岩浆热液蚀变岩型,以下吉宝沟金矿床为代表; 4) 产于韧性剪切带中的构造-热液蚀变岩型,以小伊诺盖沟、黑龙沟、瓦拉里等金矿床(点)为代表。

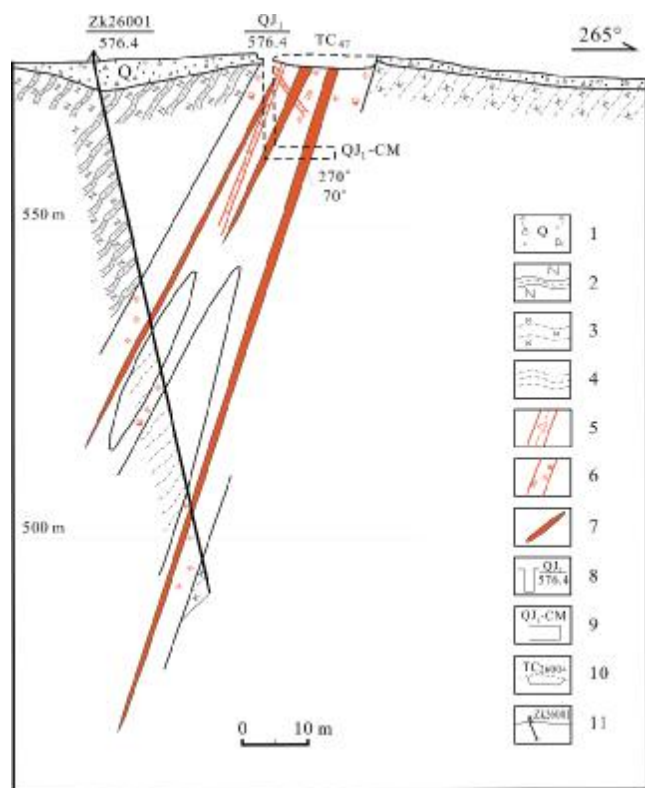


图7 小伊诺伊盖沟矿区 Zk26001 号钻孔剖面图

Fig. 7 Profile of borehole Zk26001 in

Xiaoyinuoyigaigou gold field

1—第四系 (Quaternary); 2—微斜浅粒岩 (microcline feldspar leucocoleptite); 3—微晶钾长变粒岩 (microcrystalline K-feldspar granulite); 4—变粒岩 (granulite); 5—破碎带 (fracture zone); 6—矿化蚀变带 (mineralized alteration zone); 7—金矿体 (gold orebody); 8—浅井及编号 (shallow well and number); 9—浅井内穿脉 (transverse trench in shallow well); 10—槽探及编号 (trench and number); 11—钻孔及编号 (borehole and number)

3.2 矿床时空分布规律

3.2.1 时间分布

得尔布干成矿带内大多数金矿床(点)的矿化容矿岩为中生代火山-侵入岩,代表性金矿床有小伊诺盖沟金矿、下吉宝沟金矿、奥拉奇金矿、马达尔金矿、莫尔道嘎金矿等。上述矿床在宏观上均与燕山期的侵入岩、次火山岩、火山岩等密切相关;少数金矿床(点)的矿化容矿岩为下—中侏罗统陆源碎屑岩,代表性金矿床有砂宝斯、老沟等金矿。研究认为得尔布干成矿带内金矿床均形成于燕山期的晚侏罗世—早白垩世。此外,根据同位素测年显示,小伊诺盖沟含矿花岗岩成岩时间为 $165 \text{ Ma}^{[11]}$;下吉宝沟金矿含矿岩(二长岩)成岩时间为 $145.1 \pm 4.8 \text{ Ma}^{[4]}$;

成岩时间为 $145.1 \pm 4.8 \text{ Ma}^{[4]}$;砂宝斯金矿含金石英脉的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素年龄为 $130.1 \pm 1.3 \text{ Ma}^{[12]}$ 。上述表明,得尔布干成矿带内金矿床的成矿时间主要为燕山期晚侏罗世—早白垩世。

3.2.2 空间分布

得尔布干成矿带受得尔布干断裂控制,呈北东至北北东向展布,区域内金矿床主要分布于呈北东向展布的额尔古纳隆起与晚中生代火山断-拗陷盆地的接触带部位。根据得尔布干成矿带的成矿地质条件,并结合前人的研究成果,初步将得尔布干成矿带进一步划分出3条与金矿有关的成矿亚带,即:1)北北东向黑山头-室韦金成矿亚带,该成矿亚带处于额尔古纳隆起区,沿北北东向额尔古纳河断裂展布,目前带内已发现小伊诺盖沟和下吉宝沟金矿;2)北北东向奥拉奇-页索库金(银)成矿亚带,该亚带主要沿北北东向交鲁山-东天山中生代火山岩带展布,带内与晚侏罗世—早白垩世火山作用有关的金矿床(点)有奥拉奇、马达尔等,且带内多数金矿床(点)严格受控于火山机构;3)北东向下护林-西吉诺铅锌银金铜成矿亚带,该成矿亚带分布于北东向得尔布干断裂带两侧,属变质基底隆起带与火山断陷带的过渡地带,其中在额尔古纳隆起一侧的次一级火山盆地浅剥蚀区为金成矿的有利地段,产有莫尔道嘎、四五牧场等金矿床(点)。

4 不同类型金矿床特征及其成因联系

4.1 岩浆作用

得尔布干成矿带内岩浆活动强烈且频繁,岩石性质复杂。成矿带内岩浆活动共划分为兴东期、晋宁期、兴凯—萨拉伊尔期、加里东期、华力西—印支期及燕山期等6期。其中燕山期中—酸性岩浆侵入活动与金成矿关系最为密切。据同位素测年显示,成矿带内小伊诺盖沟含矿花岗岩成岩时间为 $165 \text{ Ma}^{[11]}$;下吉宝沟金矿含矿岩(二长岩)成岩时间为 $145.1 \pm 4.8 \text{ Ma}^{[4]}$,而黄铁矿化容矿岩(似斑状二长花岗岩)成岩时间为 $137.3 \pm 6.1 \text{ Ma}$ 。此外,区内与铅锌银等成矿有关的中—酸性侵入岩的成岩时间集中于 $110 \sim 139 \text{ Ma}^{[13]}$ 。另据前人^[9]对该区域内燕山期花岗岩中的成矿元素测试分析显示,岩石中 Au 的平均含量为 1.29×10^{-9} , Pb 平均含量为 42.93×10^{-6} , Zn 平均含量为 93.86×10^{-6} , Ag 为 161.71×10^{-9} , Cu 为 51.26×10^{-6} 。上述表明,成矿带内燕

山期中-酸性岩浆侵入活动不仅为成矿提供了热动力条件,而且提供了部分物源。同时成矿带内燕山晚期的次火山岩、浅成斑岩也是金银铅锌矿床的重要物质来源^[9]。综上所述,燕山期侵入岩、次火山岩等为成矿母岩。

4.2 稳定同位素

4.2.1 H 和 O 同位素

基于水是成矿热液的重要组成部分,为此研究成矿热液中的 H、O 同位素特征是探究与热液型矿床成矿作用有关的重要内容之一。前人^[9,14-15]通过对得尔布干成矿带内小伊诺盖沟、砂宝斯、老沟、莫尔道嘎、下吉宝沟等金矿床的石英包裹体中的 H、O 同位素进行测试分析,结果显示,上述矿床中的成矿流体 δD 值介于 $-89‰ \sim -155‰$ 之间, $\delta^{18}O$ 值介于 $-13.8‰ \sim +15.7‰$ 之间。据含矿热液水 $\delta^{18}O$ - δD 体系图显示(图略),大部分样品投点落入岩浆水区左下方,大气降水右侧,总体显示出成矿热液主要为岩浆水和大气降水的混合水。

4.2.2 Pb 同位素组成及 Pb 的来源

宋丙剑等^[7]对该成矿带内主要金矿床(如砂宝斯、老沟、二根河等)铅同位素测试分析显示,矿床的 $^{206}Pb/^{204}Pb$ 比值为 $(17.624 \pm 55) \sim (18.589 \pm 29)$, $^{207}Pb/^{204}Pb$ 为 $(15.476 \pm 20) \sim (15.723 \pm 48)$, $^{208}Pb/^{204}Pb$ 为 $(37.736 \pm 41) \sim (38.570 \pm 64)$, 并认为矿床铅同位素组成与该地区中生代花岗岩铅同位素组成相似。另据武广^[9]研究认为,该区域内金矿床的 Pb 为壳-幔混合成因。上述表明,区域内金矿床的成矿物质来源主要为幔源岩浆源,并混染了少量的地壳物质。

4.3 不同类型金矿床的成因联系

晚侏罗世—早白垩世,大兴安岭北部总体处于伸展构造环境。在此背景下,区域内发生了广泛的火山-岩浆活动,形成大兴安岭中生代中-酸性侵入岩、陆相火山岩、次火山岩等,并伴随着大规模的成矿作用,这为金的富集成矿创造了良好的条件。根据区域内金矿床的时空分布规律及成矿物质来源的研究,认为区域内不同类型金矿床在成矿时间上相近,空间上连续,总体呈北东至北北东向展布,且不同类型金矿床的成矿物质来源基本一致,即为壳-幔混合源。综上所述,成矿带内金矿床具有一定的内在成因联系,属于同一岩浆源区不同阶段岩浆演化的产物。

5 区域成矿特征及金矿成矿系列

5.1 区域成矿特征

近些年,通过对得尔布干成矿带的实地调查,并结合前人成果资料以及对邻区成矿地质条件的综合分析,认为得尔布干成矿带地区与毗邻的俄罗斯赤塔地区、阿穆尔州地区和蒙古的乔巴山地区在中生代时期处于相似的地质构造背景,同属一个燕山期区域成矿省。该成矿带分布着大量的斑岩型 Cu-Mo 矿床^[16-17]、热液脉型铅锌矿床^[18-19]以及包括上文划分出的 4 种金矿类型。区域上具体成矿特征如下:得尔布干成矿带在中生代时期表现为以北东向为主的构造活动,其基本构造格局是断陷带(火山喷发带)与断隆带(火山基底隆起带)呈北东至北北东向左行斜列、相间产出。由于受到北东向构造调整过程所派生的北西向断裂的差异升降活动的影响,在形成北东向主构造格架的同时,发育了一系列北西向次级断隆与断拗。这些北西向次级断隆与断拗的边界带或次级断隆一侧常常是成矿的有利部位。因此,成矿带内产出的有色、贵金属矿床在其展布特征上具有“北东成带、北西呈行”的特点,而且“北西呈行”之间表现出等间距(100~120 km)排列特点。

5.2 金矿成矿系列

矿床成矿系列指一定地质历史时期在一定的地质构造单位内与一定地质成矿作用有关的且在时空、成因上有一定内在联系的一组矿床组合^[20]。矿床成矿系列不仅可以划分成矿区带而且还可为找矿提供理论依据。笔者根据得尔布干成矿带金矿成矿地质特征、构造背景、成矿时代,并结合前人成果^[9],重新厘定了该成矿带内金矿床的成矿系列(表 1)。

6 结论

(1)得尔布干成矿带内发育以砂岩为容矿岩石的中低温热液蚀变岩型、以火山岩为容矿岩石的浅成低温热液型、与中深成侵入杂岩有关的岩浆热液蚀变岩型、产于韧性剪切带中的构造-热液蚀变岩型等 4 种类型金矿床。

(2)得尔布干成矿带内金矿床的成矿时间主要集中于燕山期晚侏罗世—早白垩世。H-O-Pb 同位素研究结果表明成矿热液主要为岩浆水和大气降水的混合水,成矿物质来源为幔源岩浆源,并混染了少量的地壳物质。

表 1 得尔布干成矿带金矿成矿系列

Table 1 Metallogenic series of gold deposits in Derbugan metallogenic belt

成矿系列(组)	成矿亚系列	构造背景	赋矿地层	成矿时代	典型金矿床
与中生代中-酸性侵入岩-喷出岩有关的 Au、Cu、Mo、Ag、Pb、Zn、Sn、W、Fe、稀有、REE 矿床成矿系列	与中生代中-酸性侵入岩有关的 Au、Cu、Mo、Sn、W、多金属成矿亚系列	上黑龙江中生代陆相盆地	额尔齐斯河群砂岩	中生代	砂宝斯、二根河
		额尔古纳隆起	燕山期酸性侵入岩	中生代	小伊诺盖沟、下吉宝沟
	与中生代中-酸性火山岩、次火山岩有关的 Au、Cu、Pb、Zn、Mo 成矿亚系列	上黑龙江盆地中部火山断陷带	白垩系下统上库力组中酸性火山岩	中生代	奥拉齐、马达尔
		隆起区边缘火山断陷盆地	白垩系下统上库力组中酸性火山岩	中生代	莫尔道嘎

(3)成矿带内不同类型金矿床具有一定的内在成因联系,属于同一岩浆源区不同阶段岩浆演化的产物。区域内有色、贵金属内生矿床的成矿特征在空间展布上具有“北东成带、北西呈行”的特点。

参考文献(References):

[1]赵京. 得尔布干成矿带热液型铅锌银矿成矿地质特征及控矿因素[J]. 地质与资源, 2014, 23(6): 525-530.

Zhao J. Metallogenic characteristics and ore-controlling factors of the hydrothermal lead-zinc-silver deposits in the Derbugan metallogenic belt, NE China[J]. Geology and Resources, 2014, 23(6): 525-530.

[2]李德胜, 王志峰. 得尔布干成矿带南段矿床地质特征及找矿方向的探讨[J]. 矿产与地质, 2007, 21(3): 293-297.

Li D S, Wang Z F. Geological characteristics of the deposit at south part of De' erbugan ore belt and its prospecting orientation[J]. Mineral Resources and Geology, 2007, 21(3): 293-297.

[3]武广, 陈衍景, 糜梅, 等. 大兴安岭北部小伊诺盖沟金矿床流体包裹体特征及地质意义[J]. 大地构造与成矿学, 2008, 32(2): 185-194.

Wu G, Chen Y J, Mi M, et al. Fluid inclusion characteristics of the Xiaoyinuogaiou gold deposit in northern Da Hinggan Mountains and its geological significance[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2008, 32(2): 185-194.

[4]祝洪臣, 张炯飞, 权恒. 下吉宝沟金矿的发现及其地质特征[J]. 贵金属地质, 2000, 9(2): 65-72.

Zhu H C, Zhang J F, Quan H. The geological characteristics of Xiajibaogou gold deposit [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 2000, 9(2): 65-72.

[5]李良, 孙丰月, 李碧乐, 等. 黑龙江省漠河县砂宝斯金矿床流体特征及矿床成因[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2015, 40(7): 1163-1176.

Li L, Sun F Y, Li B L, et al. Ore-forming fluid features and genesis of Shabaosi gold deposit in Mohe County, Heilongjiang Province[J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2015,

40(7): 1163-1176.

[6]宓奎峰, 吕志成, 柳振江, 等. 内蒙古乌努格吐山铜钼矿床 Cu、Mo 同位素组成及绢云母 Ar-Ar 测年对区域成矿作用的启示[J]. 岩石学报, 2021, 37(6): 1785-1798.

Mi K F, Lü Z C, Liu Z J, et al. Compositions of Cu and Mo isotopes, sericite Ar-Ar ages of Wunugtushan Cu-Mo deposit in Inner Mongolia: Implications for regional mineralization [J]. Acta Petrologica Sinica, 2021, 37(6): 1785-1798.

[7]宋丙剑, 王晓勇, 马靖. 大兴安岭北部金矿床地质特征、成因及构造背景[J]. 矿物岩石, 2015, 35(2): 15-24.

Song B J, Wang X Y, Ma J. Characteristics of geological, genesis and structural background of gold deposits in the north Daxinganling, Northeast China [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2015, 35(2): 15-24.

[8]邵军, 王世称, 马晓龙, 等. 大兴安岭北段金、多金属矿床区域成矿特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2003, 33(1): 32-36.

Shao J, Wang S C, Ma X L, et al. Regional metallogenetic characteristics of gold and multimetal deposits in northern Daxing'anling Mountain [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2003, 33(1): 32-36.

[9]武广. 大兴安岭北部区域成矿背景与有色、贵金属矿床成矿作用[D]. 长春: 吉林大学, 2006.

Wu G. Metallogenic setting and metallogenesis of nonferrous-precious metals in northern Da Hinggan Mountain [D]. Changchun: Jilin University, 2006.

[10]权恒, 武广, 张炯飞. 得尔布干成矿带新类型金矿及资源潜力[J]. 贵金属地质, 1998, 7(4): 302-303

Quan H, Wu G, Zhang J F. A new type of gold deposit in the Derbugan metallogenic belt and its resources potential[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1998, 7(4): 302-303. (in Chinese)

[11]张炯飞, 权恒, 祝洪臣. 小伊诺盖沟金矿成矿特征[J]. 贵金属地质, 1999, 8(3): 129-135.

Zhang J F, Quan H, Zhu H C. Geological characteristics of Xiaoyinuogaiou gold deposit in Inner Mongolia [J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1999, 8(3): 129-135.

- [12]刘军, 武广, 邱华宁, 等. 大兴安岭北部砂宝斯金矿床含金石英脉⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄及其构造意义[J]. 地质学报, 2013, 87(10): 1570–1579.
- Liu J, Wu G, Qiu H N, et al. ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating of gold-bearing quartz vein from the Shabaosi gold deposit at the northern end of the Great Xing'an Range and its tectonic significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2013, 87(10): 1570–1579.
- [13]秦克章, 王之田, 潘龙驹. 满洲里-新巴尔虎右旗铜、钼、铅、锌、银带成矿条件与斑岩体含矿性评价标志[J]. 地质论评, 1990, 36(6): 479–488.
- Qin K Z, Wang Z T, Pan L J. Metallogenic conditions and criteria for evaluating the ore potentiality of porphyry bodies in the Manzhouli-Xinbaerhuyouqi Cu, Mo, Pb, Zn and Ag metallogenic belt [J]. Geological review, 1990, 36(6): 479–488.
- [14]陈祥. 内蒙古额仁陶勒盖银矿床稳定同位素研究[J]. 内蒙古地质, 2000(1): 11–16.
- Chen X. Study on stable isotope in Inner Mongolia Erentaolegai silver deposit[J]. Geology of Inner Mongolia, 2000(1): 11–16.
- [15]刘宝山, 张春鹏, 程招勋, 等. 黑龙江争光大型金矿成矿流体 He–Ar–S 同位素组成及成矿流体来源的示踪[J]. 中国地质, 2023, 50(3): 952–961.
- Liu B S, Zhang C P, Cheng Z X, et al. Source tracing and He–Ar–S isotopic compositions of ore-forming fluid in the Zhengguang large gold deposit, Heilongjiang Province[J]. Geology in China, 2023, 50(3): 952–961.
- [16]Mi K F, Liu Z J, Li C F, et al. Origin of the Badaguan porphyry Cu–Mo deposit, Inner Mongolia, Northeast China: Constraints from geology, isotope geochemistry and geochronology [J]. Ore Geology Reviews, 2017, 81: 154–172.
- [17]Mi K F, Liu Z J, Liu R B, et al. U–Pb Zircon, geochemical and Sr–Nd–Hf isotopic constraints on age and origin of the intrusions from Wunugetushan porphyry deposit, Northeast China: Implication for Triassic–Jurassic Cu–Mo mineralization in Mongolia–Erguna metallogenic belt [J]. International Geology Review, 2018, 60(4): 496–512.
- [18]吕志成, 张培萍, 段国正, 等. 内蒙古额仁陶勒盖银矿床锰矿物的矿物学初步研究[J]. 矿物岩石, 2002, 22(1): 1–5.
- Lü Z C, Zhang P P, Duan G Z, et al. Study on manganese minerals of E'rentaolegai silver deposit[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2002, 22(1): 1–5.
- [19]田京, 李进文, 王润和, 等. 内蒙古额仁陶勒盖地区侵入岩 LA–ICP–MS 锆石 U–Pb 年龄及地球化学特征[J]. 中国地质, 2014, 41(4): 1092–1107.
- Tian J, Li J W, Wang R H, et al. Zircon LA–ICP–MS U–Pb ages and geochemical features of intrusions in Erentaolegai area of Inner Mongolia[J]. Geology in China, 2014, 41(4): 1092–1107.
- [20]陈毓川, 李兆鼎, 毋瑞身, 等. 中国金矿床及其成矿规律[M]. 北京: 地质出版社, 2001: 1–465.
- Chen Y C, Li Z N, Wu R S, et al. Gold deposits and their metallogenic regularity in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001: 1–465. (in Chinese)

(上接第 508 页/Continued from Page 508)

- [103]黄作良, 王璞, 冯本智. 辽吉硼矿床矿物学[M]. 北京: 地质出版社, 1999: 1–145.
- Huang Z L, Wang P, Feng B Z. Mineralogy of boron deposits in Liaoning and Jilin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 1–145. (in Chinese)
- [104]王猛, 张旭, 武奕立, 等. 物化探综合找矿方法在辽宁宽甸硼矿勘查中的应用[J]. 矿产与地质, 2022, 36(1): 154–158.
- Wang M, Zhang X, Wu Y L, et al. Application of geophysical and geochemical exploration methods in the prospecting of boron deposit in Kuandian County of Liaoning[J]. Mineral Resources and Geology, 2022, 36(1): 154–158.
- [105]侯跃武, 王生志. 高精度磁法在找硼矿上的尝试——以牛皮闸硼矿为例[J]. 化工矿产地质, 2005, 27(3): 185–188.
- Hou Y W, Wang S Z. Attempt of boron prospecting with high precision magnetic method: Take the example of Niupizha boron deposit[J]. Geology of Chemical Minerals, 2005, 27(3): 185–188.